

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 10 月 11 日 (11.10.2001)

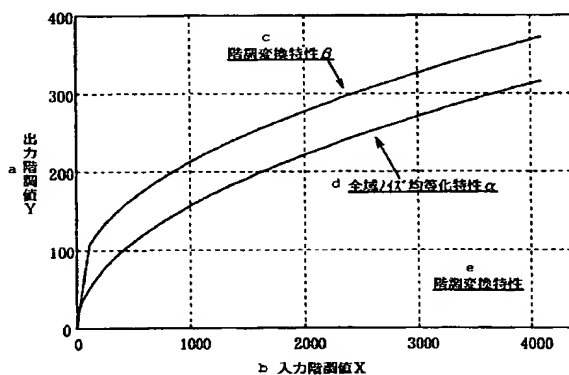
PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/76235 A1

- (51) 国際特許分類: H04N 5/243, (OKADA, Sadami) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社 ニコン知的財産部 内 Tokyo (JP).
1/407, 1/41, 5/20 // 101:00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/02411
- (22) 国際出願日: 2001 年 3 月 26 日 (26.03.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2000-101470 2000 年 4 月 3 日 (03.04.2000) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 古谷史旺(FURUYA, Fumio); 〒160-0023 東京都新宿区西新宿1丁目19番5号 第2明宝ビル9階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者: および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡田 貞実
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: ELECTRONIC CAMERA, IMAGE PROCESSING PROGRAM AND ITS RECORDED MEDIUM, AND IMAGE PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 電子カメラ、画像処理プログラムおよびその記録媒体、並びに画像処理方法



a...INPUT GRAY LEVEL Y
b...OUTPUT GRAY LEVEL X
c...GRAY SCALE CONVERSION CHARACTERISTIC β
d...WHOLE AREA NOISE EQUALIZATION CHARACTERISTIC α
e...GRAY SCALE CONVERSION CHARACTERISTICS

(57) Abstract: When an image signal is darker than a specified level, it is subjected to linear gray scale conversion. The dark areas of an image are thereby not distorted and the feeling of gradation of the shade and hair is reproduced sufficiently. On the other hand, when the image signal becomes brighter than the specified level, it is subjected to nonlinear gray scale conversion. The nonlinear gray scale conversion satisfies the conditions: 1) it has a slope to substantially equalize the means noise amplitude of the image signal regardless of the output gray level and 2) it is offset to be continuous with the gray scale conversion characteristic of the gray scale conversion section for dark area. The level-dependent noise in the bright area is equalized according to the condition 1). Furthermore, difference of gray level and reversal of gray scale do not occur at the boundary of dark and bright areas under the condition 2).

RECEIVED
NOV 16 2001
Technology Center 2600



(57) 要約:

本発明は、画像信号が所定値より暗い場合、画像信号を線形に階調変換する。そのため、画像上の暗部領域は非線形に歪まず、影や髪の毛の階調感が豊かに再現される。一方、画像信号が所定値より明るくなると、画像信号を非線形に階調変換する。この場合の非線形変換は、『①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する』、『②暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる』を満足する。この①の条件により、明部領域のレベル依存性ノイズが均等化される。さらに、②の条件により、暗部領域と明部領域の境界に階調段差や階調逆転が生じなくなる。

明細書

電子カメラ、画像処理プログラムおよびその記録媒体、
並びに画像処理方法

5

発明の分野

本発明は、撮像した画像信号を階調変換する電子カメラに関する。

本発明は、コンピュータ上で画像信号を階調変換するための画像処理プログラムおよびその記録媒体に関する。

10 本発明は、画像信号を階調変換する画像処理方法に関する。

背景技術の説明

従来、入力階調値と平均ノイズ振幅との依存関係に基づいて、画像信号を非線形に階調変換し、階調全域にわたってノイズを均等に除去する信号変換技術が知られている。

例えば、特開昭 6 3 - 2 9 0 0 2 8 号公報には、次式のような階調変換を行う信号変換器が開示されている。

$$Y = c \int_b^X [1/n(\xi)] d\xi \quad \cdots [1]$$

（ただし、Xは入力階調値、Yは出力階調値、 ξ は積分変数、 $n(\xi)$ は入力階調値 ξ における平均ノイズ振幅、b および c は別個に定める定数）

この [1] 式の階調変換と量子化とを併せて行うことにより、出力階調値 Y の大きさによらずノイズを均等に除去し、画像信号の情報量を効率的に削減することが可能となる。

また、量子化後の出力階調値 Y を、[1] 式の逆変換で階調復元することにより、ノイズの減少した復元画像信号を得ることが可能となる。

ところで、本願発明者は、入力階調値 X に依存するショットノイズを均等化する階調変換を考えた。（なお、ショットノイズを均等化する態様については、上述した特開昭 6 3 - 2 9 0 0 2 8 号公報には特に記載されておらず、本願出願時

においても非公知である。)

しかしながら、このショットノイズ均等化の階調変換を実験すると、階調復元後の画像信号に非連続な階調段差（いわゆるトビ）が生じやすく、豊かな階調感が失われやすいという問題が生じた。

- 5 特に、暗い階調域は、ショットノイズ均等化の過程で大きく増幅されるため、出力階調値Yがとびとびの値をとる。その上、この暗い階調域に混入する微小な固定パターンノイズや暗電流が、ショットノイズ均等化の過程で大きく増幅されるため、かえって目立ってしまう。

10

発明の開示

本発明の目的は、画像信号の階調変換において、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを両立させることである。

- そこで、本発明の電子カメラは、撮像した画像信号に対して階調変換を実行する電子カメラであって、この画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合に線形
15 変換特性に従って画像信号を階調変換する暗部階調変換部と、この画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合に、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って画像信号を階調変換する明部階調変換部とを備えたことを特徴とする。

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する。

- 20 ②暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる。

- この暗部階調変換部では、画像信号の入力階調値が所定値より暗い領域（以下『暗部領域』という）に対して、線形変換特性による階調変換を実施する。この暗部領域は、信号レベルが元々小さいため、ショットノイズのようなレベル依存性ノイズは少ない。そのため、暗部領域では、レベル依存性ノイズを均等化しな
25 くても不利益は少ない。逆に、この暗部領域を線形変換することにより、出力階調値に非線形なトビやつぶれが生じず、影や髪の毛などの階調感を豊かに維持することができる。また、暗部領域の固体パターンノイズが目立ちにくくなる。

一方、明部階調変換部は、画像信号の入力階調値が所定値より明るい領域（以下『明部領域』という）に対して、上記条件①②を具備する非線形の階調変換を

実施する。このとき、条件①を具備することにより明部領域の平均ノイズ振幅が出力階調値によらず均等化される。その結果、出力階調値を量子化した場合、明部領域のノイズをほぼ均等に除去することが可能になる。また、量子化によってノイズ（無効な情報）を除去された分だけ、出力階調値の情報量を効率的に削減
5 することができる。

さらに、条件②によって、この出力階調値はオフセットされ、暗部領域の出力階調値との連続性が保たれる。したがって、明部領域と暗部領域との画像境界において、階調にトビや逆転が生じず、階調を自然につなげることが可能となる。また階調復元を行う場合には、この画像境界に階調逆転が発生していないので、
10 一意に階調復元を行うことが可能となる。

このように、本発明の電子カメラは、上述した階調変換動作により、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを巧緻に両立させることが可能になる。

更に好ましくは、暗部階調変換部が、入力階調値Xをそのまま出力階調値Yとして出力する。この場合、画像上の暗部領域において、入力階調値Xが出力階調
15 値Yとしてそのまま出力される。そのため、暗部領域（例えば、物体の影や髪の毛など）の階調感が実質的に完全保存される。したがって、暗部領域の階調豊かな再生画像（または画像プリントなど）を確実かつ容易に得ることが可能になる。

更に好ましくは、明部階調変換部が、下式の出力階調値Yを出力する。

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + C \quad \cdots [2]$$

（ただし、Xは入力階調値、Aは比例係数、Cは暗部階調変換部の特性と連続させるために調整されるオフセット値である）
20

通常、入力階調値Xにおけるショットノイズの平均ノイズ振幅 N_x は、比例係数をBとして、

$$N_x = B \cdot \sqrt{X} \quad \cdots [3]$$

と表される。
25

この場合、[2]式による階調変換後の出力階調値Yに含まれる平均ノイズ振幅 N_y は、

$$N_y \approx N_x \cdot (dY/dX) = A \cdot B / 2 = \text{constant} \quad \cdots [5]$$

となり、出力階調値Yによらず実質的に均等化される。

したがって、〔２〕式の階調変換を実行することにより、明部領域のショットノイズを効率的に階調圧縮して、無効な情報量を効率的に削減することが可能となる。

さらに、〔２〕式では、オフセット値Ｃを調整して、暗部領域の出力階調値との連続性が保たれる。したがって、明部領域と暗部領域との画像境界において、階調にトビや無用な逆転が生じず、階調を自然につなげることが可能となる。

更に好ましくは、明部階調変換部が、画像信号の入力階調値が第２の所定値より明るい場合に、非線形の階調変換特性と連続する線形変換特性に従って画像信号を階調変換する。この場合、明部階調変換部は、画像信号の入力階調値が第２の所定値より明るい領域（以下『最明部領域』という）において、非線形の階調変換特性と連続する線形変換特性を用いて画像信号を階調変換する。

したがって、最明部領域において、画像信号に非線形なつぶれが生じることがなく、最明部領域（例えば、白いカップの凹凸模様など）における階調再現性を高めることが可能となる。また、明部領域と最明部領域において階調変換特性が連続するので、明部領域と最明部領域との画像境界に階調のトビや逆転は生じず、階調を自然につなげることも可能となる。

更に好ましくは、明部階調変換部および暗部階調変換部には、少なくとも２通りの階調変換特性の組み合わせが予め用意され、いずれか１通りの組み合わせを選択可能とする。この場合、明部領域および暗部領域それぞれの階調変換特性を組み合わせることにより、従来に比べて多種多様な階調変換特性の組み合わせを容易かつ自由に作成することができる。ユーザー（または電子カメラ）は、これら組み合わせの中から、より適正な階調変換を適宜選択して実行することが可能となる。

更に好ましくは、『暗部階調変換部または明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第１圧縮モード』と、『暗部階調変換部および明部階調変換部を介さずに画像信号をデータ圧縮する第２圧縮モード』とを選択実行可能なデータ圧縮部を備える。

この場合、第１圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを巧緻に両立させた圧縮画像データを生成することが可能と

なる。

一方、第2圧縮モードを選択実行することにより、階調圧縮による無効情報の効率的削減はなされないが、その分だけ階調再現性が高い、高画質な圧縮画像データを生成することが可能となる。

- 5 更に好ましくは、『暗部階調変換部または明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第1圧縮モード』と、『暗部階調変換部および明部階調変換部を介さず、かつ画像信号をデータ圧縮しない非圧縮モード』とを選択実行可能なデータ圧縮部を備える。

- 10 この場合、第1圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを巧緻に両立させた圧縮画像データを生成することが可能となる。

一方、非圧縮モードを選択実行することにより、階調圧縮による無効情報の効率的削減はなされないが、その分だけ階調再現性が高い、高画質な画像データを生成することが可能となる。

- 15 更に好ましくは、コンピュータを、上述した暗部階調変換部および明部階調変換部として機能させるための画像処理プログラムを作成する。また、この画像処理プログラムを記録した記録媒体を作成する。この場合、画像処理プログラムをコンピュータで実行することにより、上述した電子カメラと同様の階調変換処理をコンピュータ上で実行することが可能となる。

- 20 更に好ましくは、上述した暗部階調変換部および明部階調変換部と同様の処理をステップ化することにより、画像処理方法として実行してもよい。

なお、本発明における上述した目的およびそれ以外の目的は、以下の説明と添付図面とによって容易に確認することができる。

25 図面の簡単な説明

図1は、電子カメラ11の構成を示すブロック図である。

図2は、電子カメラ11の撮像動作を説明する流れ図である。

図3は、電子カメラ11の再生動作を説明する流れ図である。

図4は、第1の実施形態における階調変換特性 β を示す図である。

図5は、入力階調値〔0～6〕における階調変換特性を示す図である。

図6は、入力階調値〔7～107〕における階調変換後のヒストグラムを示す図である。

図7は、入力階調値〔108～4095〕におけるノイズ振幅の均等化効果を示す図である。

図8は、第2の実施形態における階調変換特性を示す図である。

図9は、最明部領域において線形変換を行う階調変換特性を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

10 以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

《第1の実施形態》

図1は、電子カメラ11の構成を示すブロック図である。

図2は、電子カメラ11の撮像動作を説明する流れ図である。

図3は、電子カメラ11の再生動作を説明する流れ図である。

15 まず、図1および図2を用いて、電子カメラ11の撮像動作について概略説明する。電子カメラ11には、撮影レンズ12が装着される。この撮影レンズ12を介して、被写体像が撮像素子13の撮像面に形成される。この撮像素子13は、リリース操作などに応じて被写体像を光電変換して画像信号を生成する（図2S1）。

20 この画像信号は、信号処理部14を介して黒レベルクランプ処理などが実行された後、A/D変換部15を介して、各色12ビットのRAWデータにデジタル変換される。

CPU19は、操作部23の操作情報に基づいて、ROM19aから階調変換用のLUT（Look Up Table）を選択し、選択したLUTを階調変換部16に伝達する。階調変換部16は、伝達されたLUTに従ってRAWデータを階調変換する（図2S2）。

階調変換部16で階調変換されたRAWデータは、バス17へ順次出力される。画像圧縮部20は、バッファメモリ18を一時格納場所として使用しながら、このRAWデータに対して可逆圧縮（例えばDPCM圧縮）を実施する（図2S3）。

CPU 19は、可逆圧縮されたRAWデータに対してLUTの識別情報などを付与して圧縮画像ファイルを生成し、メモ리카ード21に記録する(図2S4)。

上述した一連の動作により、電子カメラ11の撮像動作が完了する。

次に、図1および図3を用いて、電子カメラ11の再生動作について概略説明する。なお、この再生動作は、電子カメラ11に限らず、コンピュータなどを用いて実行しても勿論かまわない。

まず、CPU 19は、メモ리카ード21から圧縮画像ファイルを読み出す(図3S11)。CPU 19は、この圧縮画像ファイルを伸長し、可逆圧縮前のRAWデータに戻す(図3S12)。

さらに、CPU 19は圧縮画像ファイル中のLUTの識別情報に基づいて、ROM 19aから階調逆変換用のLUTを選択し、選択したLUTを階調変換部16に伝達する。階調変換部16は、伝達されたLUTに従ってRAWデータを階調逆変換する(図3S13)。

CPU 19と、このようにして階調復元されたRAWデータを、モニタ表示部22や別の信号処理系へ出力する(図3S14)。

上述した一連の動作により、電子カメラ11の再生動作が完了する。

(請求項の記載事項と本実施形態との対応関係)

請求項の記載事項と本実施形態との対応関係については、暗部階調変換部はCPU 19および階調変換部16による『暗部領域の階調変換を行う機能』に対応し、明部階調変換部はCPU 19および階調変換部16による『明部領域の階調変換を行う機能』に対応する。

(階調変換特性の作成手順)

以下、本実施形態の特徴であるLUT(図4中の階調変換特性 β)の作成手順について説明する。なおここでは、説明の都合上、LUTの作成者を電子カメラ11の開発者と仮定して説明する。

まず、開発者は、階調変換部16の入力時点において、『画像信号の入力階調値』と『レベル依存性の平均ノイズ振幅』との依存関係を、実測や理論計算などにより求める。

例えば、ショットノイズの場合、光電変換による発生電子数を S_e とすると、

ノイズの瞬時振幅（電子数）は、分散 \sqrt{Se} のガウス分布を示す。

したがって、『撮像素子13の発生電子数 Se 』から『階調変換部16の入力階調値 X 』までの変換過程がほぼ線形ならば、出力階調値 X におけるショットノイズの平均ノイズ振幅 Nx は、適当な比例係数 B を用いて、

$$5 \quad Nx = B \cdot \sqrt{X} \quad \cdots [6]$$

と表される。（ただし、発生電子数 Se から入力階調値 X までの変換過程に、ガンマ変換その他の非線形カーブが介在する場合には、その非線形カーブの影響を含めて導出した平均ノイズ振幅 Nx の式を以下使用する。）

ここで、階調変換後の平均ノイズ振幅 Ny は、

$$10 \quad Ny = Nx \cdot (dY/dX) = B \cdot \sqrt{X} \cdot (dY/dX) \quad \cdots [7]$$

となる。

この[7]式で Ny を定数と置いて、階調変換後の平均ノイズ振幅 Ny を均等化する階調変換式を求めると、

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + C \quad \cdots [8]$$

15 が得られる。ただし、 A は比例係数、 C はオフセット値である。

仮に、この[8]式の階調変換を入力階調値 X の全域に施すとすると、 $X=Y=0$ の初期条件から、

$$Y = A \cdot \sqrt{X} \quad \cdots [9]$$

20 が得られる。図4中に示す全域ノイズ均等化特性 α は、[9]式の計算結果を整数化して作成した特性である。

開発者は、この全域ノイズ均等化特性 α を用いて、テスト画像等の階調変換を試行し、階調復元後（または階調変換後）の画像について下記の評価を行う。

（1）画像の暗い部分に発生する階調のトビ（またはつぶれ）

（2）画像の暗い部分におけるショットノイズ均等化による無効情報の削減効果

25 開発者は、これらの評価結果から、画像信号の階調域を、[9]式による階調変換に適した明部領域と、[9]式による階調変換に適さない暗部領域とに区分する。例えば、上記の評価結果からは、暗部領域を入力階調値[0～107]の領域とし、明部領域を入力階調値[108～4095]とすることが好ましい。

開発者は、この暗部領域について下記のような線形の階調変換式を決定する。

$$Y = X \quad (\text{ただし、} 0 \leq X \leq 107) \quad \cdots [10]$$

開発者は、[10]式の階調変換特性に連続するように、[8]式のオフセット値Cを決定し、下記のような明部領域の階調変換式を得る。

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + (107 - A \cdot \sqrt{107})$$

$$5 \quad (\text{ただし、} A = 4.941, \quad 108 \leq X \leq 4095) \quad \cdots [11]$$

開発者は、[10]式および[11]式の計算結果を整数化してLUTを作成し、作成したLUTをROM19aに格納する。図4中に示す階調変換特性 β は、このように作成されたLUTをグラフ化したものである。

(第1の実施形態の効果など)

- 10 以下、図5～7を参照しながら、階調変換特性 β と全域ノイズ均等化変換 α とについて比較説明を行う。

◎図5に示す階調変換特性 β による改善効果について

図5は、入力階調値[0～6]における階調変換特性を示す図である。

- 15 全域ノイズ均等化変換 α では、図5に示すように、入力階調値[0～6]における出力階調値がトビトビの値を取る。例えば、入力階調値が0から1に変化した場合、出力階調値は0から5へ急にジャンプする。このようなとびとびの出力階調値により出力階調値Yのレンジには無駄が生じる。そのため、全域ノイズ均等化変換 α は、出力階調値Yのレンジ有効利用の観点から好ましくない。さらに、固定パターンノイズや暗電流によって入力階調値が0と1の間で変動した場合、
- 20 全域ノイズ均等化変換 α では、ノイズ変動幅が5に増幅されてしまう。この増幅されたノイズは、後段の補間処理やローパス処理などで周囲に広がりやすく、弊害が大きい。したがって、全域ノイズ均等化変換 α は、暗部領域のノイズ削減の観点からも好ましくない。

- 一方、本実施形態の階調変換特性 β では、図5に示されるように、出力階調値
- 25 がトビトビの値を取らない。したがって、階調変換特性 β では、無効な出力階調値は存在せず、出力階調値Yのレンジを有効利用することができる。さらに、固定パターンノイズや暗電流によって入力階調値が0と1の間で変動した場合、階調変換特性 β では、ノイズ変動幅は増幅されない。したがって、暗部領域のノイズが不要に目立ったり、増幅されたノイズが周囲に広がることなく、非常に良

好な画像品質が得られる。

◎図 6 に示す階調変換特性 β の改善効果について

図 6 は、入力階調値 [7 ~ 107] における階調変換後のヒストグラムを示す図である。

- 5 全域ノイズ均等化変換 α では、図 6 に示すように、入力階調値 [7 ~ 107] が出力階調値 [13 ~ 51] へ階調圧縮される。この階調領域における階調つぶれは陰影や髪の毛のディテールを大きく損なうこととなるため、画像品質を大きく損ねてしまう。また、再生時に階調復元を行った場合、[7 ~ 107] の階調域において復元階調値は 39 段数のとびとびの値をとる。そのため、階調復元後の
- 10 ヒストグラムは櫛歯状となり、陰影部分の滑らかな階調表現を大きく損ねてしまう。

- 一方、本実施形態の階調変換特性 β は、図 6 に示すように、入力階調値 [7 ~ 107] を出力階調値 [7 ~ 107] にそのまま階調変換する。そのため、陰影や髪の毛などのディテールが完全に保存され、階調感の滑らかさや豊かさを確実に維持することが可能となる。
- 15

◎図 7 に示す階調変換特性 β の改善効果について

図 7 は、入力階調値 [108 ~ 4095] におけるノイズ振幅の均等化効果を示す図である。

- 本実施形態の階調変換特性 β においても、明部領域の入力階調値 [108 ~ 4095] では、階調変換後にショットノイズの平均ノイズ振幅が均等化される。この階調域 [108 ~ 4095] は、画像信号の信号レベルが大きいため、ショットノイズも大きく、ノイズ全体に占めるショットノイズの割合が比較的高い。したがって、この入力範囲 [108 ~ 4095] においてショットノイズの平均振幅を均等化することにより、画像信号のノイズを均等に削減し、ノイズ削減および圧縮率向上を実現することができる。
- 20
- 25

◎階調変換特性 β の連続性による改善効果について

上述した [11] 式では、オフセット値 C を調整して、両領域の階調変換特性を連続させている。したがって、両領域の画像境界において階調が不連続になったり、逆転することがなく、自然な階調変化を保つことができる。また、階調復

元を行うに際して、両領域の画像境界に階調逆転が生じていないので、一意に階調復元を行うことが可能となる。

次に、別の実施形態について説明する。

《第2の実施形態》

- 5 第2の実施形態における電子カメラの構成は、第1の実施形態（図1）と同じため、ここでの説明を省略する。

第2の実施形態における動作上の特徴点は、次の点である。

（1）複数のLUT（階調変換特性）が予めROM19a内に格納される。

（2）画像圧縮部20は、可逆圧縮を実行するか否かを選択可能である。

- 10 （3）CPU19は、操作部23から入力される圧縮モードのユーザー設定に応じて、『階調変換特性を行うか否かの選択』と『階調変換を行う場合にはLUTの選択』と『可逆圧縮を行うか否かの選択』とを決定し、RAWデータの記録処理を制御する。

以下、電子カメラ11に用意された、各圧縮モードについて特徴点を説明する。

- 15 ◎非圧縮モード（請求項に記載の非圧縮モードに該当する）

階調変換・・・無し

可逆圧縮・・・無し

非圧縮モードは、A/D変換部15から出力されるRAWデータをそのまま記録するモードである。したがって、RAWデータを完全に復元することが可能となる。画像信号の画素数が2000×1312であり、1画素当たり12ビットデータの場

- 20 合、画像信号の記録容量は約4Mバイトとなる。

◎完全ロスレスモード（請求項に記載の第2圧縮モードに該当する）

階調変換・・・・・・無し

可逆圧縮・・・有り

- 25 完全ロスレスモードは、A/D変換部15から出力されるデジタル画像データを可逆圧縮して記録するモードである。したがって、可逆伸長によりRAWデータを完全に復元することが可能となる。一般的な画像信号の記録容量は、約2.8Mバイト（圧縮率70%）程度となる。

◎実質ロスレス圧縮モード（請求項に記載の第1圧縮モードに該当する）

階調変換・・・図8中のLUT1

可逆圧縮・・・有り

- 5 実質ロスレス圧縮モードは、暗部領域〔0～107〕において線形変換の階調変換を実施し、明部領域〔108～4095〕において、ショットノイズの平均ノイズ振幅を均等化して量子化ステップ幅におおよそ揃えるモードである。この場合、明部領域のショットノイズが大部分除去され、その分だけ画像信号の記録容量が低減する。一般的な画像信号の記録容量は、約2Mバイト（圧縮率50％）程度となる。

◎画質優先モード（請求項に記載の第1圧縮モードに該当する）

- 10 階調変換・・・図8中のLUT2

可逆圧縮・・・有り

- 15 画質優先モードは、暗部領域〔0～107〕において線形変換の階調変換を実施し、明部領域〔108～4095〕において、量子化ステップを実質ロスレスモードよりも小さくしたモードである。なお具体的には、〔11〕式中の比例係数Aを増加させている。この場合、階調変換によって明部領域のショットノイズを少な目に除去しつつ、明部領域の階調つぶれを回避することが可能となる。その結果、ヒストグラムに生じる櫛歯特性を軽減することも可能となる。この画質優先モードでは、一般的な画像信号の記録容量が、約2.4Mバイト（圧縮率60％）程度となる。

- 20 ◎圧縮率優先モード（請求項に記載の第1圧縮モードに該当する）

階調変換・・・図8中のLUT3

可逆圧縮・・・有り

- 25 圧縮率優先モードは、暗部領域〔0～27〕において線形変換の階調変換を実施し、明部領域〔28～4095〕において、量子化ステップを実質ロスレスモードよりも大きくしたモードである。この場合、明部領域の範囲が拡大し（分岐点S1→S2）、かつ明部領域の階調圧縮がより強くなる。なお具体的には、〔11〕式中の比例係数Aを減少させ、かつオフセット値Cを変更している。この場合、RAWデータの圧縮率をより向上させることが可能となる。この圧縮率優先モードでは、一般的な画像信号の記録容量が、約1.6Mバイト（圧縮率40％）

程度となる。

《実施形態の補足事項》

なお、上述した実施形態では、電子カメラ 11 の実施形態について説明したが、これに限定されるものではない。請求項に記載するように、本発明の階調変換を
5 コンピュータ上で実行するための画像処理プログラムを作成してもよい。また、この画像処理プログラムを記録媒体に記録してもよい。この画像処理プログラムを用いて、本発明の階調変換をコンピュータ上で実行することが可能となる。

また、上述した実施形態では、明部領域の全域にわたって平均ノイズ振幅を均等化しているが、これに限定されるものではない。請求項に記載するように、明
10 部領域中の最明部領域について線形変換を実行してもよい。この場合、最明部領域（白いカップの凹凸模様など）に階調つぶれなどが少なくなり、画像の階調再現性を極めて効果的に高めることが可能となる。図 9 は、このような階調変換特性の一例を示した図である。

なお、上述した実施形態では、LUTを使用して階調変換を行う場合について
15 説明したが、これに限定されるものではない。例えば、 $[10]$ 式および $[11]$ 式などの演算式に従って、入力階調値 X から出力階調値 Y を算出しても勿論かまわない。またこのとき、演算式として整数演算の式を使用しても勿論よいし、算出された出力階調値 Y を後から整数化しても勿論かまわない。また、アナログ画像信号の階調変換に本発明を適用しても勿論かまわない。

また、上述した実施形態では、連続系の階調変換式を導出した後に LUT を作成しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、入力側の平均ノイズ振幅に比例させて明部領域の量子化ステップ（請求項に記載の『傾き』に対応）を設定し、かつ暗部領域と明部領域の分岐点を実質的に繋がる（請求項に記載の『連続』に対応）ようにオフセット値を設定することにより、LUT を直
25 に作成してもよい。このように、請求項に記載の『傾き』、『連続』といった用語は、連続系のみに限定解釈されるものではなく、離散系にも拡大解釈することが可能である。

なお、本発明は、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形で実施することができる。そのため、前述の実施例はあらゆる点で単な

る例示に過ぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は、特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、なんら拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、すべて本発明の範囲内のものである。

請求の範囲

1. 撮像した画像信号に対して階調変換を実行する電子カメラであって、
画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って前記画像信号を階調変換する暗部階調変換部と、

5 画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、非線形特性に従って前記画像信号を階調変換する明部階調変換部とを備え、

前記非線形特性は、下記①②の両条件を満足する

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する、

10 ②前記暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる、
ことを特徴とする電子カメラ。

2. 請求項1に記載の電子カメラにおいて、

前記暗部階調変換部は、入力階調値Xを出力階調値Yとしてそのまま出力することを特徴とする電子カメラ。

15 3. 請求項1に記載の電子カメラにおいて、

前記明部階調変換部は、下式の出力階調値Yを出力する

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + C$$

(ただし、Xは入力階調値、Aは比例係数、Cは前記暗部階調変換部の特性と連続させるために調整されるオフセット値である)

20 ことを特徴とする電子カメラ。

4. 請求項1に記載の電子カメラにおいて、

前記明部階調変換部は、前記画像信号の入力階調値が第2の所定値より明るい場合、前記非線形の階調変換特性と連続する線形変換特性に従って画像信号を階調変換する

25 ことを特徴とする電子カメラ。

5. 請求項1に記載の電子カメラにおいて、

前記明部階調変換部および前記暗部階調変換部には、少なくとも2通りの階調変換特性の組み合わせが予め設定され、いずれか1通りが選択可能である

ことを特徴とする電子カメラ。

6. 請求項 1 に記載の電子カメラにおいて、

前記暗部階調変換部または前記明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第 1 圧縮モードと、前記暗部階調変換部および前記明部階調変換部を介さずに画像信号をデータ圧縮する第 2 圧縮モードとを少なくとも有し、いずれか一方のモードを選択実行可能なデータ圧縮部を備えたことを特徴とする電子カメラ。

7. 請求項 1 に記載の電子カメラにおいて、

前記暗部階調変換部または前記明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第 1 圧縮モードと、前記暗部階調変換部および前記明部階調変換部を介さず、かつ画像信号をデータ圧縮しない非圧縮モードとを少なくとも有し、いずれか一方のモードを選択実行可能なデータ圧縮部を備えたことを特徴とする電子カメラ。

8. コンピュータを、

(a) 画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って前記画像信号を階調変換する暗部階調変換部、

(b) 画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って前記画像信号を階調変換する明部階調変換部、

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する、

②前記暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる、として機能させるための画像処理プログラム。

9. 請求項 8 に記載の画像処理プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

10. 入力された画像信号に対して階調変換を実行する画像処理方法において、前記画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って前記画像信号を階調変換する暗部階調ステップと、

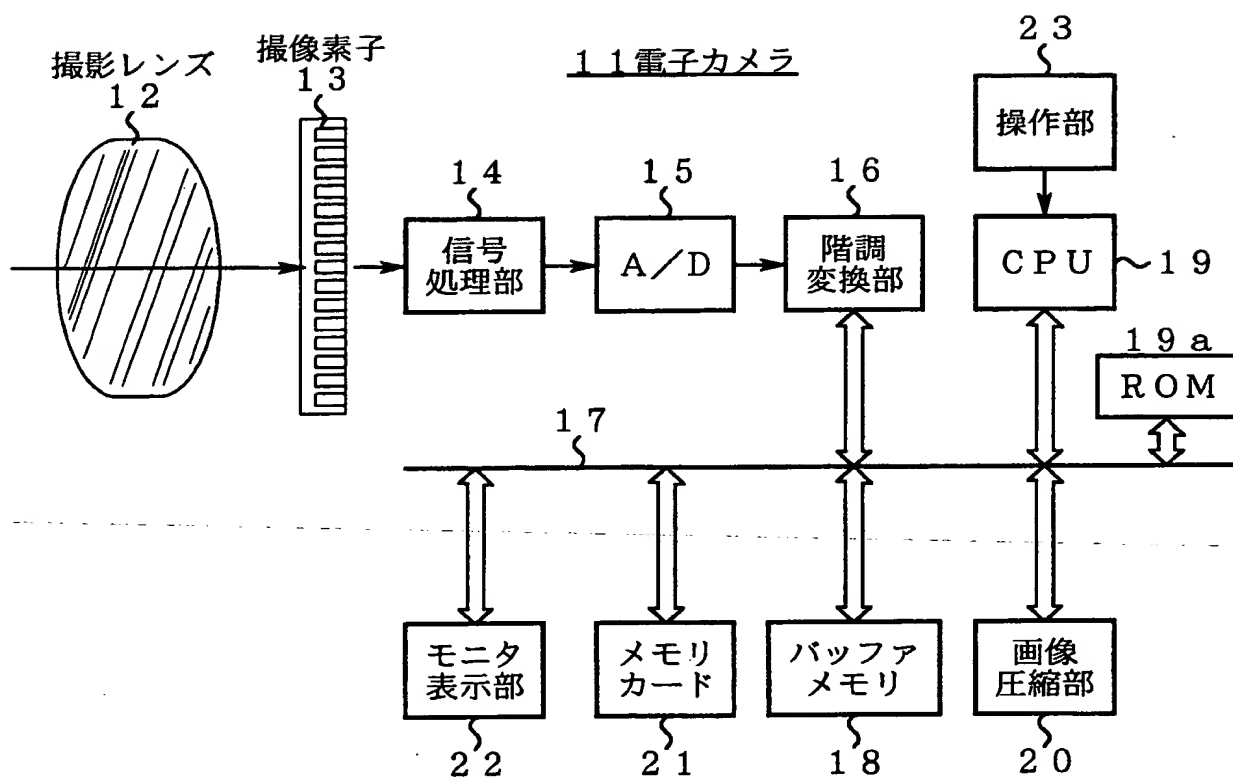
前記画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って前記画像信号を階調変換する明部階調変換ステップと

- ①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず均等化する傾きを有する
- ②前記暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる
を有することを特徴とする画像処理方法。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/8

図 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/8

図 2
撮影時の動作

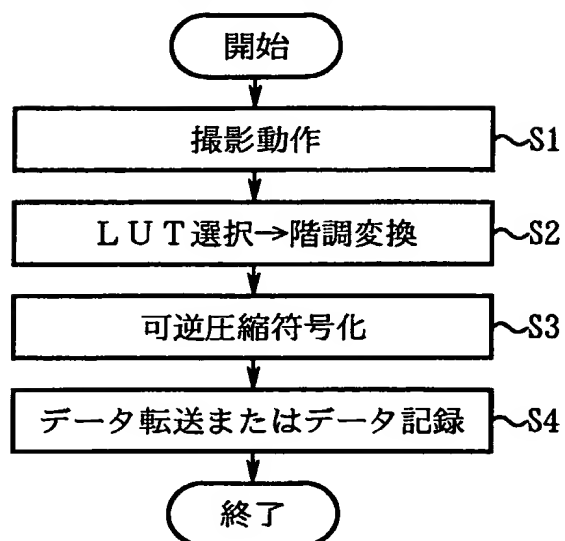
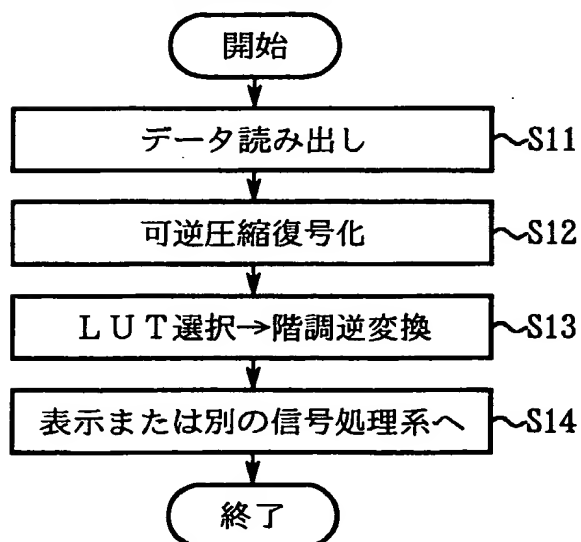
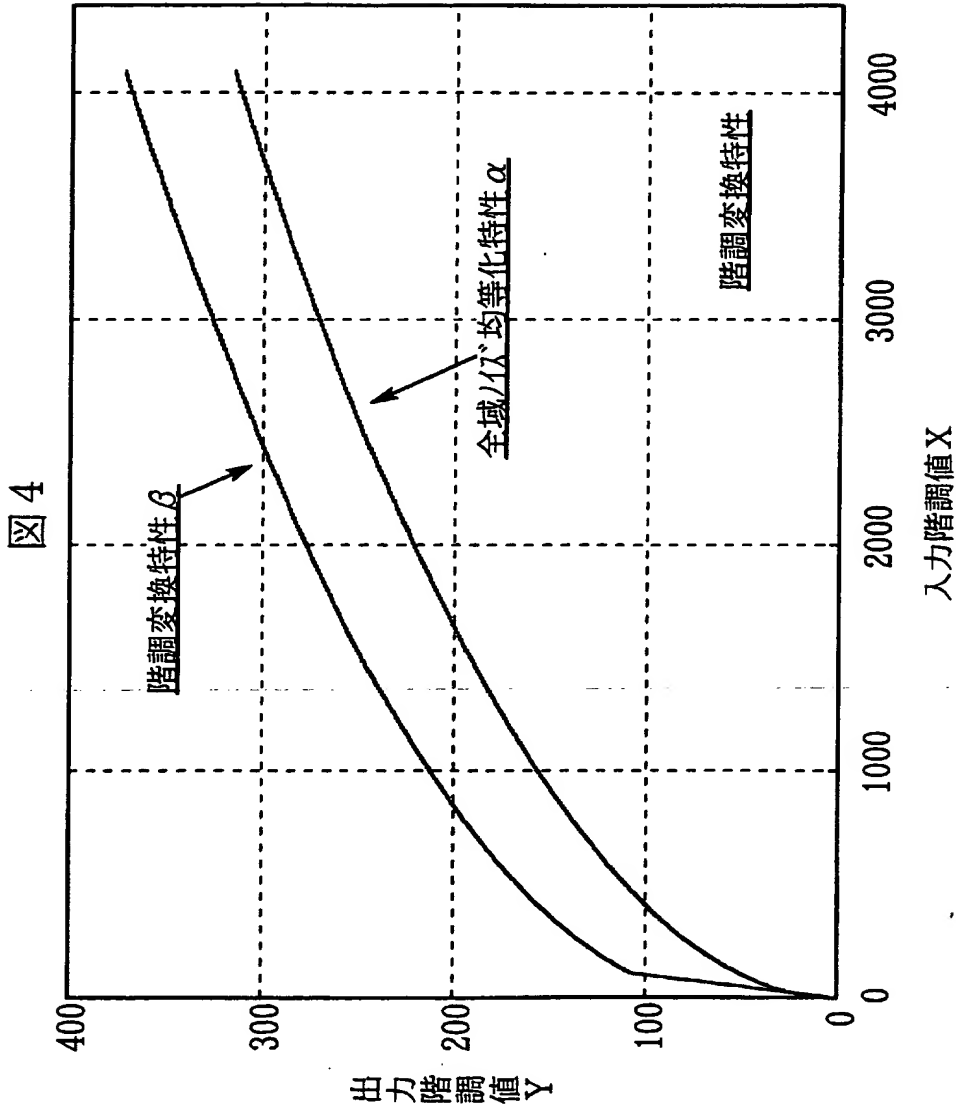


図 3
再生時の動作



THIS PAGE BLANK (USPTO)

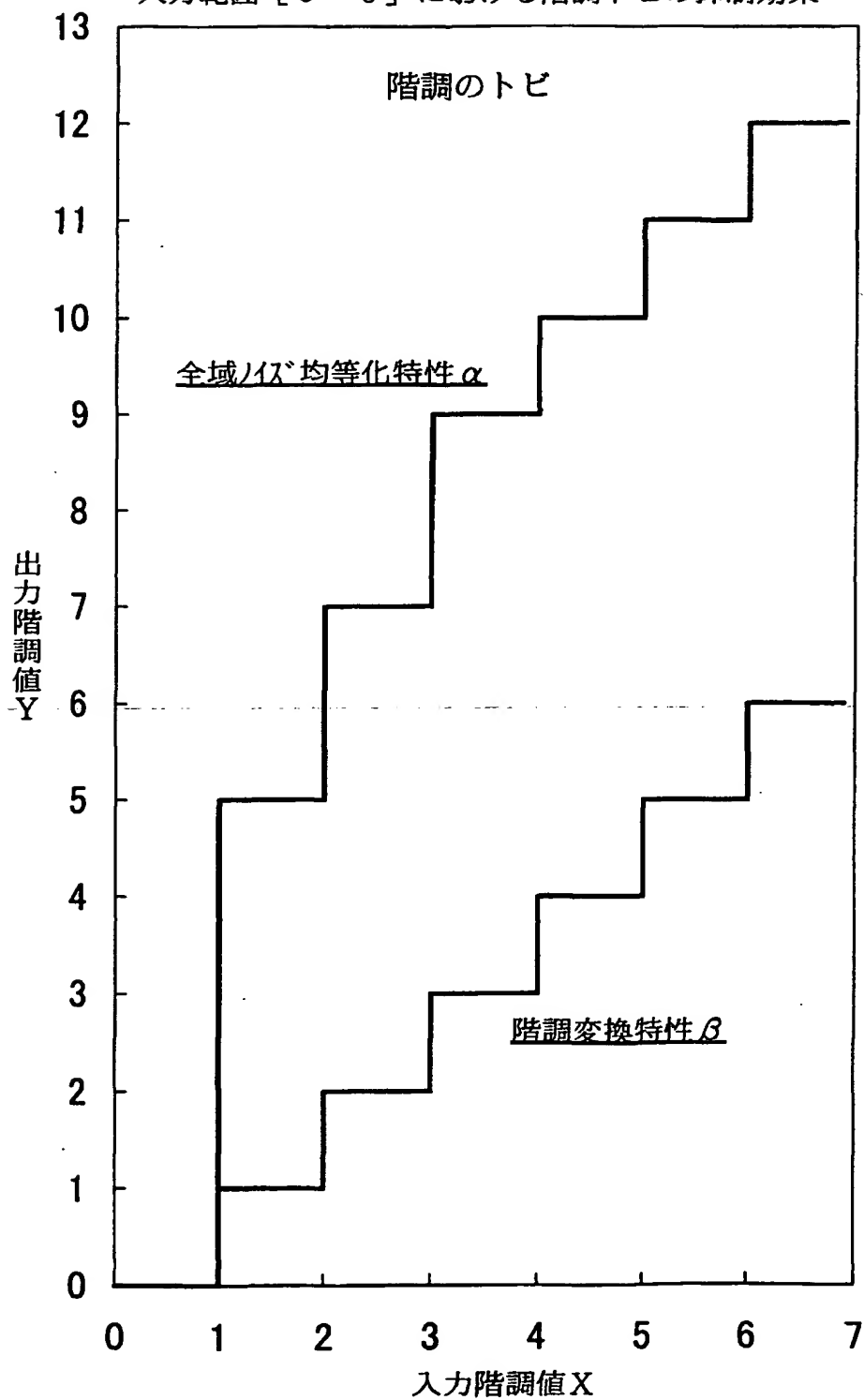


THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/8

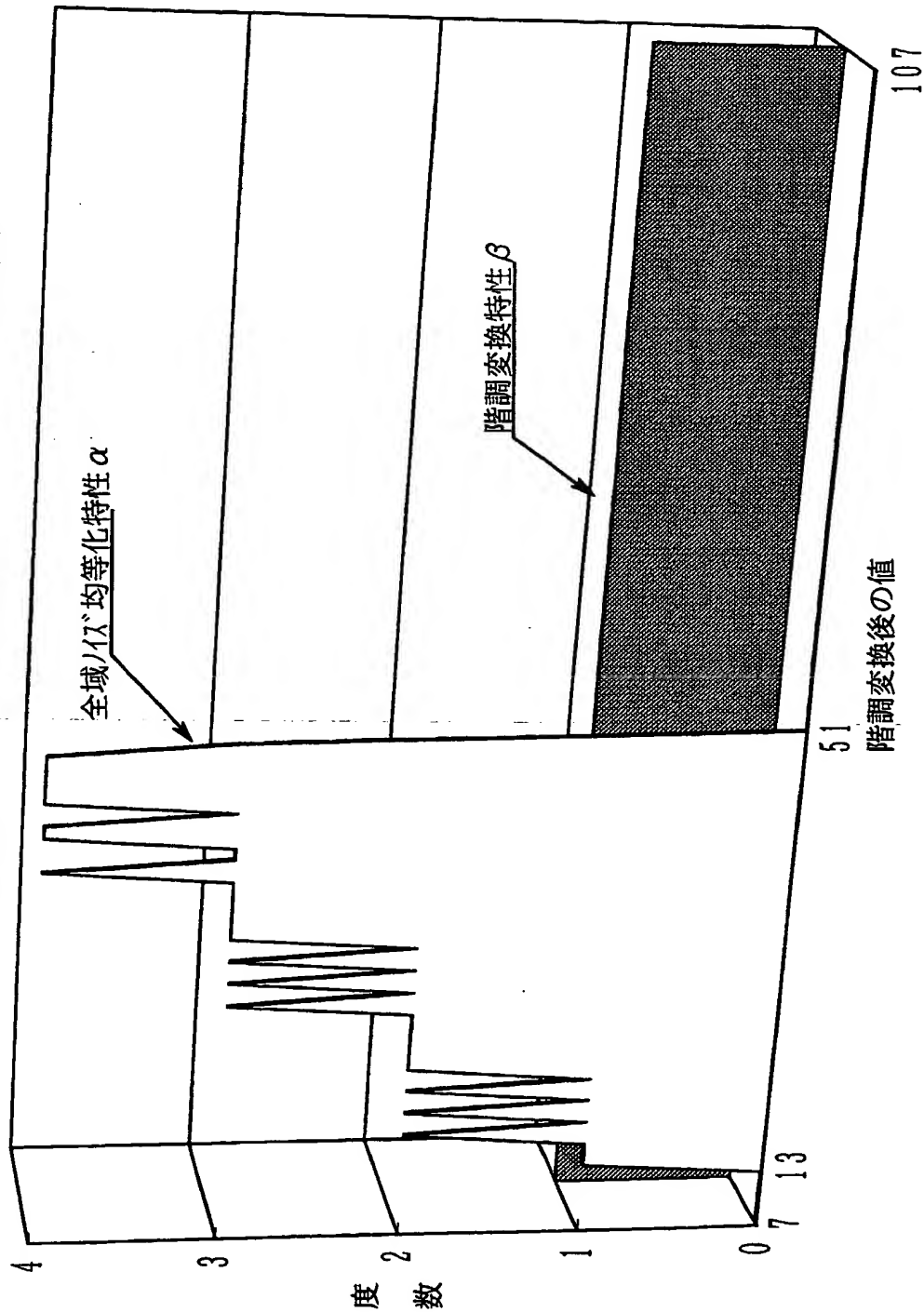
図 5

入力範囲 [0 ~ 6] における階調トビの抑制効果



THIS PAGE BLANK (USPTO)

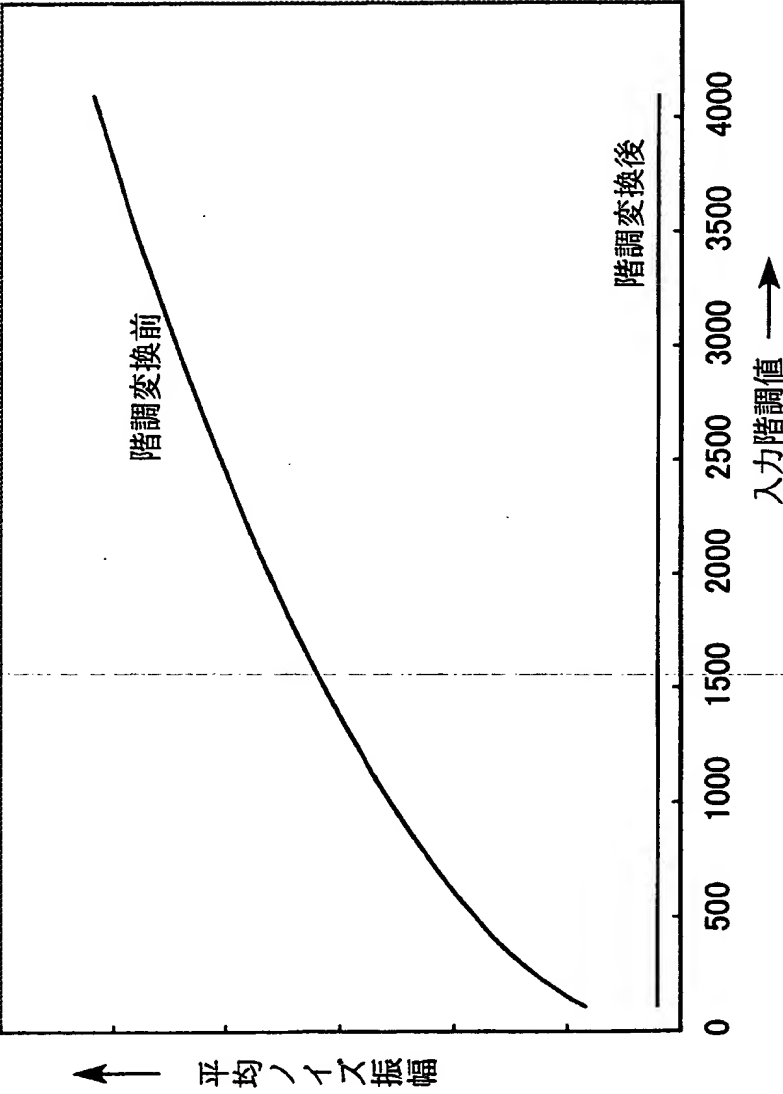
図6
入力範囲 [7~107] における階調つぶれの抑制効果



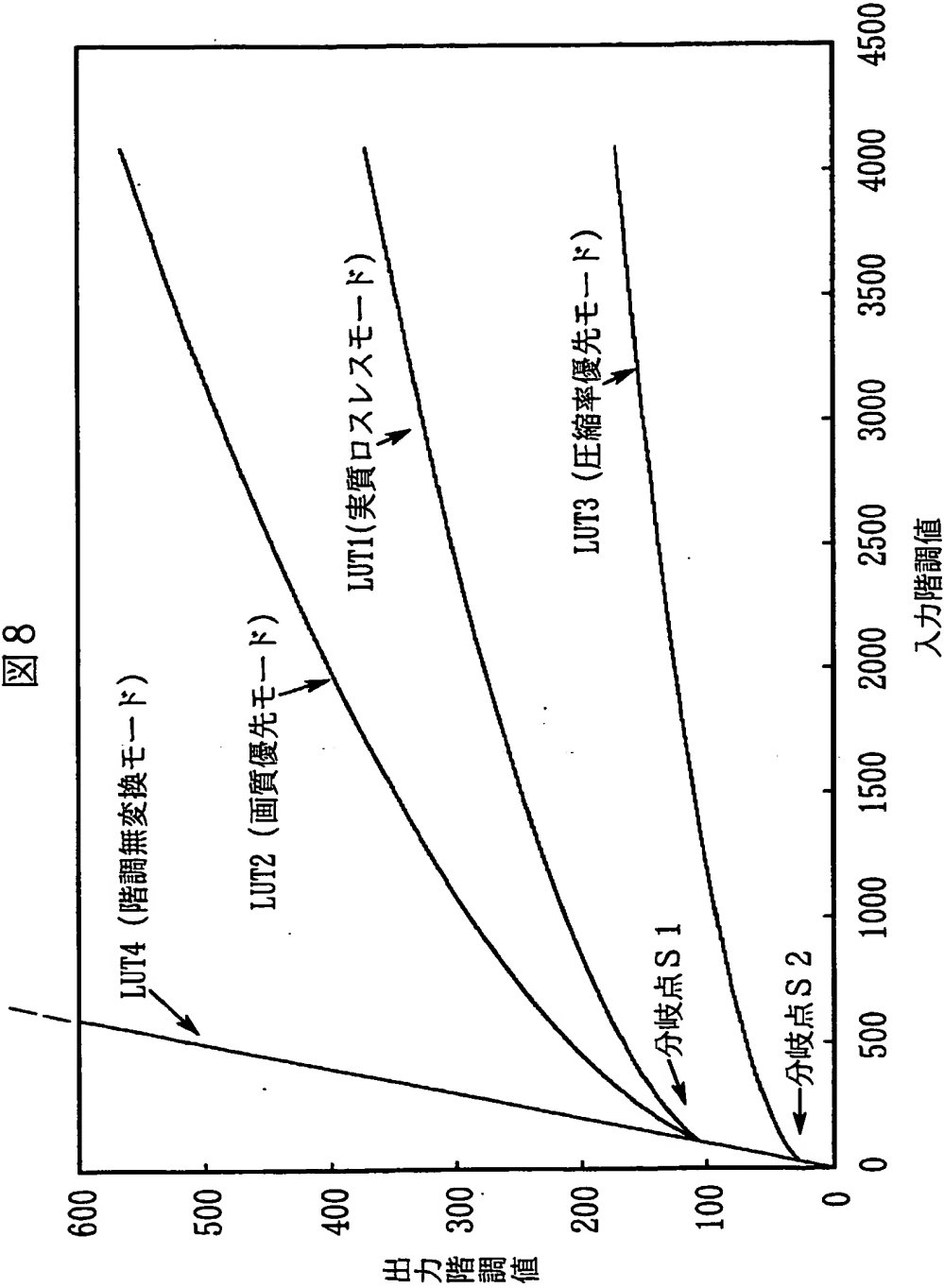
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 7

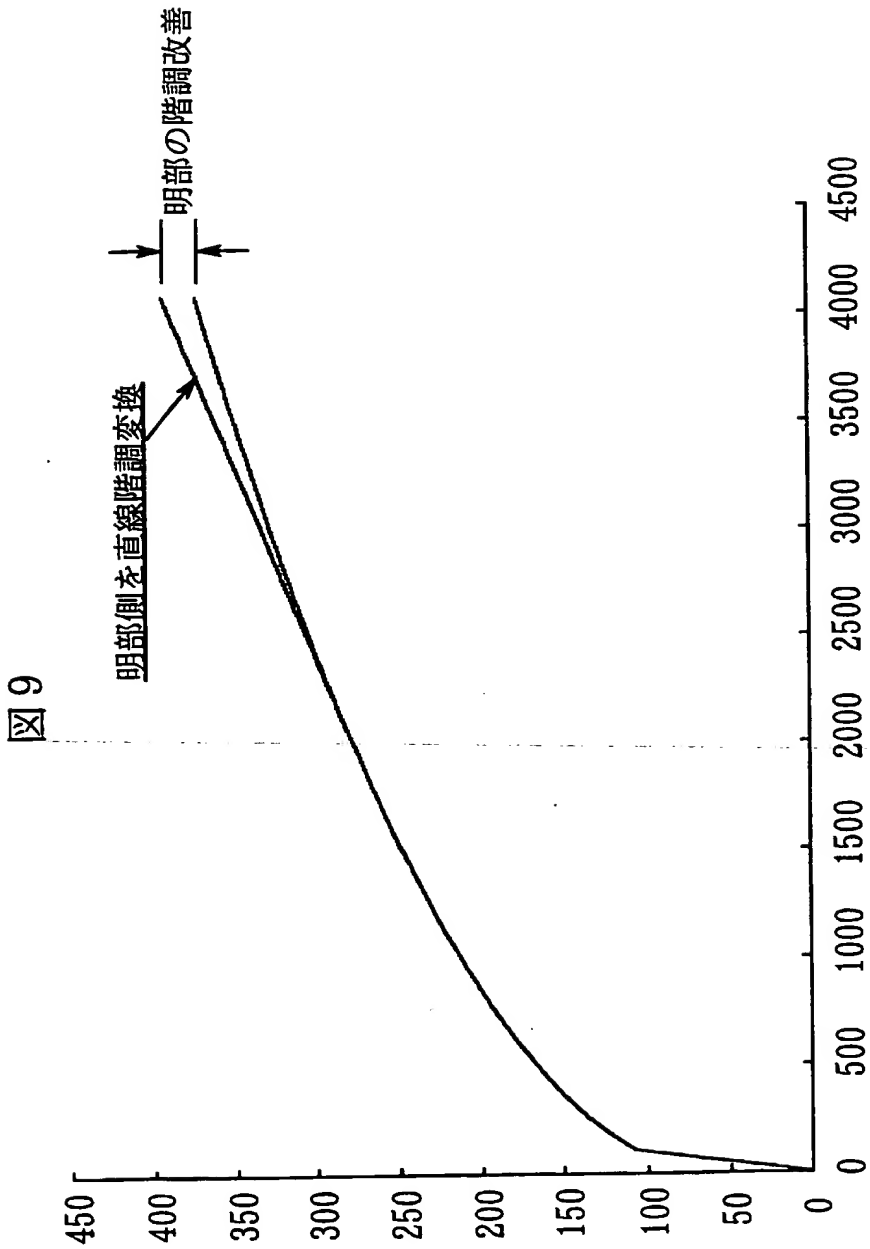
入力範囲 [108~4095] におけるノイズ振幅の均等化効果



THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02411

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04N5/243, 1/407, 1/41, 5/20//H04N101:00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04N5/243, 1/407, 1/41, 5/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP, 2000-354179, A (Nikon Corporation), 19 December, 2000 (19.12.00), Full text; Figs. 1 to 16 (Family: none)	1-10
A	JP, 63-290028, A (Hitachi Medical Corp.), 28 November, 1988 (28.11.88), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
08 June, 2001 (08.06.01)

Date of mailing of the international search report
19 June, 2001 (19.06.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 H04N5/243, 1/407, 1/41, 5/20//H04N101:00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 H04N5/243, 1/407, 1/41, 5/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2001
日本国登録実用新案公報	1994-2001
日本国実用新案登録公報	1996-2001

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	JP, 2000-354179, A (株式会社ニコン), 19. 1 2月. 2000 (19. 12. 00), 全文, 第1-16図 (ファ ミリーなし)	1-10
A	JP, 63-290028, A (株式会社日立メデイコ), 28. 11月. 1988 (28. 11. 88), 全文, 第1-7図 (ファ ミリーなし)	1-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.06.01

国際調査報告の発送日

19.06.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

関谷 隆

印

SP

8322

電話番号 03-3581-1101 内線 3579

THIS PAGE BLANK (USPTO)